University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 4, pp. 1089-1103 (Winter 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5279.2134

Original article

Evaluation of the effect of interruption of irrigation on protein and seed oil content of rapeseed genotypes

H. Aboodeh[1*], A.M. Bakhshandeh[2], M.R. Moradi Telavat[3], S.A. Siadat[2], S.A. Moosavi[4]

1. *PhD Student, Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran*
2. *Professor, Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran*
3. *Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture, Agricultural and Natural Resources Sciences University of Khuzestan, Ahvaz, Iran*
4. *Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Colleg of Agriculture, Khuzestan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Ahvaz, Iran*

Received 26 April 2022; Accepted 22 June 2022

Extended abstract

Introduction

The response of plants to drought stress conditions is related to the severity of stress and its growth stage. The amount of nitrogen and protein in oilseeds is related to the optimal storage of soil moisture. Under drought stress conditions, by reducing the grain size, oil content and protein content, it fills a large volume of grain space compared to non-stress conditions. One of the serious problems in rapeseed production is the problem of water shortage in the reproductive period. In order to solve this problem, relying on genetic potential and introducing genotypes and cultivars tolerant to drought stress is one of the practical ways.

Materials and methods

In order to evaluation of the effect of cut-off stress on protein and seed oil content of spring rapeseed genotypes a split plot experiment was conducted based on the randomized complete block design with three replications at the research farm of department of plant production and genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran during 2020-2021. Main plots included three irrigation treatment: control (without interruption of irrigation), interruption of irrigation in the beginning of flowering stage (phenology code 60) to the formation of 50% pods (phenology code 75) and interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest (Phenology code 99) in the main plots and the genotypes (Long pod, Aram, RGS 003, Jankom, Solar, Hayola 4815, Mahtab, Julius, Agamax and Sala) were arranged in sub-plots with respect to irrigation treatments. The amount of seed oil was determined by purim method. Oil yield was obtained by multiplying the percentage of oil in grain yield by kilograms per hectare. Grain nitrogen content was calculated by Kjeldal apparatus. Protein yield was obtained by multiplying the percentage of protein in grain yield by kilograms per hectare.

Results and discussion

The results of this study showed that the interaction effect of cutoff stress and genotype on all traits except grain protein yield was significant. The highest oil percentage and seed oil yield were observed

[*] Corresponding author: Hana Abodeh; E-Mail: hana.abodeh@yahoo.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

under normal conditions by Hayola 4815, Langpad and Solar genotypes. The highest percentage of seed oil in both applied stresses was assigned to Hayola 4815, Langopad and Mahtab genotypes. Regarding grain protein content and nitrogen content, the highest amount of mentioned traits was obtained under drought stress conditions and lazy genotypes, Jankom, RGS003 and Hayola 4815. In general, under the conditions of cessation of irrigation stress, the amount of grain protein increased, however, the oil content was decreasing and a significant negative correlation was observed under normal conditions and stress between the two traits. Due to the higher values of MP, GMP, HM, STI and YI indices in terms of seed oil yield, compared to other genotypes under drought stress conditions were suggested as the superior treatment.

Conclusion

Under drought stress, grain nitrogen content and increase while oil grain decreases, in fact, the amount of nitrogen, oil and seed oil under irrigation stress conditions have a negative and significant correlation.

Keywords: Drought stress, Grain protein, Oil content, STI tolerance index

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5279.2134

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر تنش قطع آبیاری بر میزان پروتئین و روغن دانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

هنا عبوده[1*]، عبدالمهدی بخشنده[2]، محمدرضا مرادی‌تلاوت[3]، سیدعطاالله سیادت[2]، سیدامیر موسوی[4]

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز
۲. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز
۳. دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز
۴. استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش خشکی
رقم هایولا ۴۸۱۵
شاخص تحمل STI
عملکرد

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۲/۰۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۴/۰۱

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۲
۱۶(۴): ۱۰۸۹-۱۱۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی تحمل به تنش قطع آبیاری ژنوتیپ‌های کلزا، پژوهشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. تیمار آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری (۱. شاهد (بدون قطع آبیاری)، ۲. قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی (کد فنولوژی ۶۰) تا تشکیل ۵۰ درصد خورجین (کد فنولوژی ۷۵) و ۳. قطع آبیاری در مرحله تشکیل خورجین تا برداشت (کد فنولوژی ۹۹)) و عامل فرعی نیز شامل ۱۰ ژنوتیپ (لانگ‌پاد، آرام، آر جی اس ۰۰۳، جانکوم، سولار، هایولا ۴۸۱۵، مهتاب، جولیوس، آگامکس و سالا) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر متقابل تنش قطع آبیاری و ژنوتیپ بر کلیه‌ی صفات به‌جز عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود. بیش‌ترین درصد روغن و عملکرد روغن دانه در شرایط نرمال و توسط ژنوتیپ‌های هایولا ۴۸۱۵، لانگپاد و سولار مشاهده شد. بیش‌ترین درصد روغن دانه در هر دو شرایط تنش اعمال‌شده به ژنوتیپ‌های هایولا ۴۸۱۵، لانگ‌پاد و مهتاب اختصاص یافت. در خصوص محتوای پروتئین دانه و میزان نیتروژن بیش‌ترین مقدار صفات ذکرشده در شرایط قطع آبیاری و ژنوتیپ‌های آرام، جانکوم، RGS003 و هایولا ۴۸۱۵ حاصل شد. به‌طورکلی در شرایط تنش قطع آبیاری، میزان پروتئین دانه افزایش یافت بااین‌حال محتوای روغن به‌صورت کاهشی بود و همبستگی منفی و معنی‌داری در شرایط نرمال و تنش بین دو صفت مذکور مشاهده شد. ژنوتیپ‌های هایولا ۴۸۱۵، سولار و لاین لانگ‌پاد به دلیل بیش‌تر بودن مقادیر شاخص‌های MP، GMP، HM، STI و YI ازنظر عملکرد روغن دانه، نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردبررسی در شرایط تنش خشکی به‌عنوان تیمار برتر پیشنهاد شدند.

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی است که ازنظر تولید روغن قابل‌مقایسه با روغن‌زیتون است (Okuley et al., 1992). دانه کلزا حاوی ۴۸-۴۰ درصد روغن ۴۰-۳۴ درصد پروتئین است. روغن آن به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک و آلفا لینولئیک و داشتن پایین‌ترین میزان اسیدهای چرب اشباع (حدود ۷ درصد) باکیفیت‌ترین روغن خوراکی است (Starner et al., 2002). کلزا به دلیل راندمان مصرف آب بالا، تحمل به خشکی و تحمل متوسط به شوری جایگاه ویژه‌ای ازنظر تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد (Al-Barrak, 2006; Nielsen, 1997).

یکی از راهکارها در زمینه بهبود راندمان آبیاری، تولید عملکرد بهینه با توجه به حداکثر راندمان بهره‌برداری از آب مصرفی است (Khalili and Hamze, 2019). میزان نزولات و پراکنش نامنظم آن باعث بروز تنش خشکی در طول دوره رشد محصولات زراعی می‌شود و معمولاً واکنش گیاهان

* نگارنده پاسخگو: هنا عبوده. پست الکترونیک: hana.abodeh@yahoo.com

نسبت به شرایط تنش خشکی، به‌شدت تنش و مرحله‌ی رشدی آن ارتباط دارد (Wang et al., 2016)؛ و با توجه به این‌که حساسیت کلزا در انتهای دوره رشد (نمو زایشی) در بیشترین حد خود است، کمبود رطوبت خاک در این مرحله می‌تواند تولید موفقیت‌آمیز گیاه را کاهش دهد (Nasiri et al., 2017). گزینش ارقام کلزا بر اساس عملکرد روغن بالا در مرتبه نخست و همچنین دارا بودن برخی صفات مطلوب به‌ویژه زودرسی، عملکرد دانه بالا و تحمل بالا به تنش‌های زیستی و غیرزیستی سبب توسعه کشت کلزا می‌شود (Hu et al., 2016). کاهش عملکرد در شرایط تنش‌های محیطی، از مهم‌ترین مباحث موردتوجه بهنژادگران گیاهی است و ارزیابی پاسخ عملکرد در چنین شرایطی از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است.

در طول دوره پر شدن دانه ابتدا پروتئین و سپس روغن تشکیل می‌شود. تنش خشکی با تسریع رسیدگی از طریق تأثیر بر وزن هزار دانه باعث کاهش درصد روغن دانه می‌شود (Ashraf and Ali, 2008). میزان نیتروژن و پروتئین در گیاهان دانه روغنی با ذخیره مطلوب رطوبت خاک مرتبط است. در شرایط تنش خشکی از طریق کوچک شدن میزان اندازه دانه، میزان روغن و محتوی پروتئین آن حجم بالایی از فضای دانه را نسبت به شرایط بدون اعمال تنش، پر می‌نماید (Aminifar et al., 2013). کاهش درصد روغن در شرایط تنش توسط عبوده و همکاران (Aboodeh et al., 2020) و پوردهقان و همکاران (Purdehgan et al 2015) گزارش شده است. همچنین گودرزی و همکاران (Godarzi et al., 2017) گزارش نمودند که توقف آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن دانه کلزا، سبب کاهش ۳۵ و ۱۸ درصدی عملکرد دانه می‌شود.

گزینش برای تحمل به خشکی بدون مدنظر قرار دادن عملکرد نتیجه قابل‌توجهی نخواهد داشت. ازجمله مسائل دارای اهمیت در ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای مقاومت به تنش خشکی، اندازه‌گیری کمی معیارهای مقاومت به تنش خشکی است. یکی از شاخص‌های ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف شاخص پایداری عملکرد است که عملکرد یک رقم را تحت شرایط تنش وابسته به شرایط بدون تنش می‌سنجد و به‌منظور تخمین این شاخص، عملکرد در شرایط تنش و در شرایط بدون تنش بررسی می‌گردد و درنهایت، رقمی که شاخص پایداری عملکرد بالاتری داشته باشد، عملکرد بالاتری را در هر دو شرایط دارد (Aktas, 2016). بر اساس نتایج وی شاخص پایداری عملکرد و شاخص عملکرد می‌توانند به‌عنوان پارامتری برای برنامه‌های اصلاحی جهت افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش و شاخص تحمل تنش در هر دو شرایط تنش و بدون اعمال تنش مورد ارزیابی قرار گیرند. بررسی ژنوتیپ‌های کلزا ازنظر شاخص‌های تحمل به تنش خشکی یا استفاده از شاخص‌های تحمل[1] (TI)، حساسیت به تنش[2] (SSI)، میانگین بهره‌وری[3] (MP)، تحمل به تنش[4] (STI) و میانگین هندسی[5] (GMP) انجام گردید. به دلیل همبستگی بالای شاخص‌های فوق با عملکرد در شرایط تنش و نرمال، شاخص تحمل به تنش (STI) مناسب‌ترین شاخص جهت ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی پیشنهاد شد (Shiranirad and Abbasian, 2015; Zaferaniyehet al., 2015). نعیمی و همکاران (Naeemi et al., 2008) در بررسی خود بر ۱۲ رقم کلزا گزارش کردند، رقم زرفام در شرایط تنش از عملکرد ارقامی چون Hayola420 و Option500 بالاتر بود، درصورتی‌که شاخص میانگین بهره‌وری که مقادیر بالای آن بیان‌گر تحمل نسبی به تنش است، دارای مقادیر عددی کمتری بود و به‌عنوان رقم متحمل توسط شاخص میانگین بهره‌وری (MP) شناسایی نشد. در مقابل گزارش کردند که شاخص‌های تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی (GMP) برای گزینش ارقام متحمل قدرت تمایز بیشتری دارند. درحالی‌که نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش سلامتی و دانایی (Salamati and Danaie, 2020) نشان داد که در بین شاخص‌های تحمل به تنش، شاخص میانگین هندسی (GMP)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص حساسیت به تنش (STI)، شاخص عملکرد[6] (YI) و شاخص میانگین هارمونیک[7] (HM) به‌واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط تنش و نرمال، مناسب‌ترین شاخص جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ارائه شدند.

1. Tolerance Index
2. Stress Susceptibility Index
3. Productivity Mean
4. Stress Tolerance Index
5. Geometric Productivity Mean
6. Yield Index
7. Harmonic Mean

با توجه به اهمیت تنش خشکی بر کیفیت محصولات زراعی ازجمله میزان روغن و پروتئین دانه، این مطالعه با هدف ارزیابی واکنش عملکرد روغن دانه ژنوتیپ‌های کلزا نسبت به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

باهدف ارزیابی پاسخ عملکرد روغن دانه ژنوتیپ‌های بهاره کلزا به تنش خشکی، در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و با ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش ازنظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. اطلاعات مربوط به پارامترهای هواشناسی و خاک مزرعه تحقیقاتی در طی دوره اجرای آزمایش در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اهواز طی مدت اجرای آزمایش (سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Table 1. Meteorological statistics of Ahvaz research station during the experiment (2021-2022)

پارامترها Parameters	Month ماه						
	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May
حداقل دمای هوا Absolute min. temperature (°C)	13.7	11.7	6.2	8.2	10.3	15.5	21.6
حداکثر دمای هوا Absolute max. temperature (°C)	29.0	20.7	20.3	22.4	24.2	31.9	40.8
متوسط کل دمای هوا Mean temperature (°C)	21.4	16.2	13.2	15.3	17.2	23.7	31.2
بارندگی Precipitation (mm)	63.74	81.6	6.3	10.6	5.4	0	0
حداقل رطوبت نسبی Minimum humidity (%)	33.09	65.7	47.6	36.1	30.5	18.2	16.1
حداکثر رطوبت نسبی Maximum humidity (%)	79.71	91.4	91.7	82.7	75.2	61.7	58.6
میزان تبخیر Evaporation rate (mm)	118.53	57.6	56.9	103.6	157.34	258.36	327.95

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. تیمار آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری (۱. شاهد (بدون قطع آبیاری)، ۲. قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی (کد فنولوژی ۶۰) تا تشکیل ۵۰ درصد خورجین (کد فنولوژی ۷۵) و ۳. قطع آبیاری در مرحله تشکیل خورجین تا برداشت (کد فنولوژی ۹۹) (Zavareh and Emam, 2003) و عامل فرعی نیز شامل ۱۰ ژنوتیپ بهاره‌ی کلزا لاین لانگ‌پاد (منشأ ایران، دیررس)، آرام (منشأ ایران، متوسطرس)، آر جی اس ۰۰۳ (منشأ آلمان، متوسط-رس)، جانکوم (منشأ آلمان، دیررس)، سولار (منشأ آلمان، متوسطرس)، هایولا ۴۸۱۵ (منشأ استرالیا، بسیار زودرس)، مهتاب (منشأ ایران، متوسطرس)، جولیوس (منشأ آلمان، دیررس)، آگامکس (منشأ آلمان، زودرس) و سالا (منشأ آلمان، متوسطرس) بود. در طول دوره‌ی قطع آبیاری (ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت) هیچ بارندگی مؤثری واقع نگردید (جدول ۲). بر همین اساس تیمارهای خشکی انتهای فصل به‌خوبی اعمال گردید. هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول سه متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۴ سانتی-متر بود. پس از جوانه‌زنی بذور و رشد بوته‌ها، در مرحله سه تا چهار برگی عملیات تنک به‌صورت دستی جهت رسیدن به تراکم مطلوب انجام گردید. مبارزه با علف هرز نیز به شکل دستی در طول فصل رشد انجام شد.

میزان کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد همچنین نیتروژن خالص از منبع کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله چهار برگی و بعد از اتمام عملیات تنک و مرحله دوم در شروع غنچه‌دهی استفاده شدند.

برداشت در ۱۹ فروردین‌ماه تا اوایل اردیبهشت‌ماه با در نظر گرفتن رسیدگی هرکدام از ژنوتیپ‌های موردبررسی انجام شد. میزان روغن دانه به روش پوریم (Porim, 1995) انجام

گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری و محاسبه میزان عملکرد دانه تمام بوته‌های موجود در مساحت یک متر طولی از دو ردیف وسط هر کرت را با رعایت اثر حاشیه برداشت صورت گرفت. عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه و برحسب کیلوگرم در هکتار حاصل شد. میزان نیتروژن دانه از طریق دستگاه کجلدال و محتوای پروتئین بر اساس رابطه ذیل محاسبه شد.

[۱] *درصد پروتئین = درصد ازت × ۶/۲۵*

عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه و برحسب کیلوگرم در هکتار حاصل شد. درنهایت از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسات میانگین اثرات اصلی و تجزیه واریانس و همبستگی داده‌ها با استفاده نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل، برش‌دهی فیزیکی انجام گرفت.

با استفاده از میانگین عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط مناسب (YP)، میانگین عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط تنش در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت (YS)، میانگین عملکرد روغن دانه تمام ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بدون تنش (Y'P)، میانگین عملکرد روغن دانه تمام ژنوتیپ‌ها تحت شرایط اعمال تنش در شرایط تنش در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت (Y'S)، شاخص‌های کمی تحمل و حساسیت به تنش به شرح زیر محاسبه گردید.

[۱] $MP = (YP+YS)/2$
(Rosiell and Hamblin, 1981)

[۲] $HM= (2YP.YS) / (YP+YS)$
(Rosiell and Hamblin, 1981)

[۳] $GMP = (YP.YS)^{½}$
(Fernandez et al., 1992)

[۴] $STI = (YS.YP)/Yp'^{2}$
(Fernandez et al., 1992)

[۵] $YI= YS/Y'S$
(Gavuzzi et al., 1997)

[۶] $SDI= [(YS.YP)/Y'P]^{1/2}$
(Gavuzzi *et al*., 1997)

[۷] $YSI=YS/YP$
(Bouslama and Schapaugh, 1984)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی در جدول (۲) نشان داده شده است. برهمکنش تنش قطع آبیاری در ژنوتیپ نیز برای تمامی صفات موردمطالعه به‌جز عملکرد پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. با توجه به معنی‌داری اکثر صفات موردبررسی تحت تأثیر تیمارهای قطع آبیاری و ژنوتیپ به‌طور جداگانه در جدول ۳ صرفاً مقایسه میانگین اثر متقابل تمام صفات ارائه گردید.

محتوای روغن دانه کلزا به‌عنوان یک صفت تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی است و جزئی از عملکرد دانه محسوب می‌شود (Rouhi et al., 2012). در رابطه با درصد روغن دانه همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود بیش‌ترین درصد روغن دانه در شرایط نرمال از ژنوتیپ‌های سولار (۴۸/۳۳ درصد)، هایولا ۴۸۱۵ (۴۶/۳۳ درصد) و لانگ‌پاد (۴۵/۳۳ درصد) حاصل شد ژنوتیپ‌های لانگ‌پاد (۴۵ درصد)، هایولا ۴۸۱۵ (۴۳ درصد)، مهتاب (۴۱/۳۳ درصد) و سولار (۴۱ درصد) بیش‌ترین میزان درصد روغن در شرایط تنش مرحله اول و ژنوتیپ‌های لانگ‌پاد و سالا (۴۴/۳۳ درصد) و مهتاب (۴۱/۳۳ درصد) در شرایط تنش مرحله دوم را نشان دادند و کمترین درصد روغن دانه در هر دو شرایط تنش به ژنوتیپ‌های جانکوم، آرام و جولیوس اختصاص یافت. برخلاف درصد روغن دانه، میزان پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافت و در اکثر ژنوتیپ‌ها رابطه منفی درصد روغن و پروتئین مشهود است و اکثر ژنوتیپ‌هایی که درصد روغن کمتری داشتند و میزان درصد روغن دانه در آن‌ها تحت تأثیر تنش اعمال‌شده کاهش یافت، میزان پروتئین بالاتری را نشان دادند (جدول ۳). در مطالعه‌ی حاضر ژنوتیپ‌های آرام، RGS003 و جانکوم بیشترین درصد نیتروژن و میزان پروتئین در هر دو شرایط اعمال تنش نشان دادند (جدول ۳). تنش خشکی به‌خصوص در زمان رسیدگی درصد روغن دانه را کاهش داده درحالی‌که درصد پروتئین افزایش یافت که این فرآیند به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه بوده که فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره‌شده در دانه نداشته و لذا درصد روغن کاهش می‌یابد.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات زراعی ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط قطع آبیاری

Table 2. Analysis of variance for agronomical traits in canola genotypes under con interruption of irrigation dition

			میانگین مربعات Mean Square				
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میزان روغن Oil Content	نیتروژن دانه Seed Nitrogen	پروتئین دانه Seed Protein	عملکرد پروتئین Protein Yield	عملکرد روغن دانه Seed Oil Yield
Replication	تکرار	2	3.34^{ns}	0.098^{ns}	3.85^{ns}	35700052^{ns}	44514831^{ns}
interruption of irrigation (I)	قطع آبیاری	2	83.14^{*}	5.36^{*}	209.68^{*}	106381578^{ns}	4018814408^{**}
Error a	خطای a	4	13.47	0.59	23.35	39495418	58730190
Genotype (G)	ژنوتیپ	9	67.55^{**}	5.39^{**}	210.68^{**}	575339448^{**}	1727931509^{**}
G * I	ژنوتیپ*آبیاری	18	21.16^{*}	0.67^{*}	26.25^{*}	42659146^{ns}	148769436^{*}
Error b	خطایb	54	10.12	0.40	15.67	34423872	75230729
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)			*7.77*	*19.86*	*19.86* *24.21*	*16.66*

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant and significant at the 1% and 5% levels, respectively

نتایج آزمایش حاضر با گزارش رجب‌نسب آقامحلی و کاراپتیان (Rajab Nasab Aghamahali and Karapetian, 2013) و حق‌شناس و همکاران (Haghshenas et al 2020) هم‌خوانی دارد، درصورتی‌که در پژوهش ازکان و کولاک (Ozkanand Kolak., 2013) تفاوت معنی‌داری ازنظر روغن دانه مشاهده شد درحالی‌که بین تیمارهای رطوبتی تفاوتی وجود نداشت.

عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن حاصل می‌شود و از ویژگی‌های مهم در ارزیابی مدیریت‌های زراعی در مقایسه ژنوتیپ‌ها به کار می‌رود (Hamzei et al., 2017). بر اساس مقادیر عملکرد روغن دانه ارائه‌شده در جدول (۳)، کمترین و بیش‌ترین عملکرد روغن دانه در هر دو شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) و اعمال قطع آبیاری به ترتیب از ژنوتیپ جانکوم و هایولا ۴۸۱۵ حاصل شده است.

بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه ازنظر درصد عملکرد پروتئین تفاوت معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین عملکرد پروتئین ازنظر ژنوتیپ بیان‌گر این مطلب بود که بیش‌ترین عملکرد پروتئین از ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ (۴۳۰۳۸ کیلوگرم در هکتار)، آرام (۳۰۴۳۳ کیلوگرم در هکتار) و لانگ-پاد (۲۳۷۱۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن به ژنوتیپ آگامکس (۱۶۱۱۲ کیلوگرم در هکتار) و مهتاب (۱۷۹۰۵ کیلوگرم در هکتار) اختصاص یافت (جدول ۴). با توجه به افزایش و کاهش محتوای پروتئین در ژنوتیپ‌های کلزا، بنابراین اختلاف عملکرد پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های فوق قابل توجیه است. در پژوهش قلی‌زاده (Gholinezhad, 2017)، بیان داشتند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد پروتئین شد.

همان‌گونه که در جدول (۶) مشاهده می‌گردد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی ازنظر شاخص‌های تحمل و حساسیت، الگوی متفاوتی ازنظر پاسخ به شرایط تنش نشان دادند.

ازلحاظ عملکرد روغن دانه، در تنش مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ و لانگ‌پاد و در تنش مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت هایولا ۴۸۱۵ و سولار بیشترین مقادیر شاخص تحمل به تنش حاصل شد و ژنوتیپ جانکوم و جولیوس دارای کمترین مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش (STI) در تنش مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت بود (جدول ۶).

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش قطع آبیاری و ژنوتیپ بر صفات موردمطالعه

Table 3. Comparison of the mean interaction of irrigation cut and genotype on the studied traits

آبیاری Iirrigation	ژنوتیپ Genotype	میزان روغن Oil Content	نیتروژن دانه Seed Nitrogen	پروتئین دانه Seed Protein	عملکرد روغن دانه Seed Oil Yield
		----------% ----------			kg.ha^{-1}
بدون قطع آبیاری (شاهد) without interruption of irrigation	Long pod	45.33	2.23	13.93	810.24
	Aram	37	3.21	20.08	544.56
	RGS003	44.66	2.77	17.33	612.62
	Jankom	38	4.01	25.08	316.64
	Solar	48.33	2.70	16.89	824.31
	Hayola4815	46.33	2.84	17.75	968.51
	Mahtab	45.33	2.16	13.50	720.88
	Julius	36	2.90	18.16	436.91
	Agamax	45	1.79	11.20	655.51
	Sala	42.33	2.37	14.83	624.31
	LSD	*8.27*	*1.35*	*8.47*	*178.53*
تنش در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods	Longpod	45	3.41	19.70	520.17
	Aram	40	5.41	25.06	449.96
	RGS003	39.33	4.48	24.70	417.78
	Jankom	35.33	4.18	29.95	191.21
	Solar	41	2.03	19.33	424.44
	Hayola4815	43	4.14	26.75	662.34
	Mahtab	41.33	2.86	15.37	374.14
	Julius	40	3.12	20.97	442.77
	Agamax	38.33	2.12	15.08	411.85
	Sala	41	2.84	15.64	418.01
	LSD	*6.35*	*0.77*	*4.81*	*134.83*
تنش در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	Long pod	44.33	3.41	21.33	505.20
	Aram	39	5.41	33.81	419.86
	RGS003	38.66	4.48	28	460.50
	Jankom	35	4.18	26.12	259.92
	Solar	39.33	2.03	12.70	521.24
	Hayola4815	40.33	4.14	25.91	872.99
	Mahtab	41.33	2.86	17.89	409.49
	Julius	36	3.12	19.50	459.88
	Agamax	38.33	2.12	13.29	453.86
	Sala	44.33	2.84	17.75	500.82
	LSD	*4.67*	*1.05*	*6.57*	*127.9*

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد پروتئین در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 4. Comparison of the mean of protein yield in rapeseed genotypes

ژنوتیپ Genotype	عملکرد پروتئین Protein Yield
	kg.ha^{-1}
Long pod	23713
Aram	30433
RGS003	28080
Jankom	18762
Solar	21584
Hayola4815	43038
Mahtab	17905
Julius	23397
Agamax	16112
Sala	19278
LSD	*5545.1*

شاخص (STI) علاوه بر آن‌که توان ژنوتیپ‌ها را برای تولید عملکرد بالا در شرایط تنش در نظر می‌گیرند، بلکه عملکرد مناسب در شرایط مطلوب را نیز ملاک قرار می‌دهند (Mohseni et al., 2015).

ازنظر شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HM) و میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) که مقادیر بالای آن‌ها نمایانگر تحمل ژنوتیپ‌های موردمطالعه است. ژنوتیپ‌های هایولا ۴۸۱۵، لانگ‌پاد و سولار در هر دو تنش اعمال‌شده، بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های فوق را به خود اختصاص دادند و جزء ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند. بر اساس گزارش برخی محققان شاخص میانگین بهره‌وری معیار

مناسبی برای گزینش لاین‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کردند (Mirzakhani et al., 2018). درحالی‌که سایر محققان گزارش کردند شاخص میانگین بهره‌وری زمانی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کارایی دارد که شدت تنش شدید نبوده و اختلاف بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش زیاد نباشد (Sio-Se Mardeh et al., 2006).

جدول ۵. تجزیه واریانس میانگین مربعات ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط قطع آبیاری

Table 5. Analysis of variance mean square for canola genotypes under con interruption of irrigation dition

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	YP عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش	YS عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط تنش	MP میانگین بهره‌وری	HM میانگین هارمونیک
			قطع آبیاری مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods			
Replication	تکرار	2	15759.3^{ns}	415.2^{ns}	3409.3^{ns}	1511.002^{ns}
Genotypes	ژنوتیپ	9	110750.3**	41068.4**	64655.4**	57373.02**
Error	خطای آزمایشی	18	10831.5	6159.9	5092.03	4793.1
CV (%)	ضریب تغییرات		*15.97*	*18.16*	*13.17*	*13.52*
			قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest			
Replication	تکرار	2	15759.3^{ns}	7.35^{ns}	3895.1^{ns}	3150.4^{ns}
Genotypes	ژنوتیپ	9	110750.3**	50996.9**	71572.3**	66574.5**
Error	خطای آزمایشی	18	10831.5	5559.4	3676.5	2974.8
CV (%)	ضریب تغییرات		*15.97*	*15.61*	*10.74*	*10.04*

Table 5. Continued **جدول ۵. ادامه**

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	GMP میانگین بهره‌وری هندسی	STI شاخص تحمل تنش	SDI شاخص خسارت تنش	YI شاخص عملکرد	YSI شاخص پایداری عملکرد
			قطع آبیاری مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods				
Replication	تکرار	2	2286.2^{ns}	0.012^{ns}	3.5^{ns}	0.002^{ns}	0.028^{ns}
Genotypes	ژنوتیپ	9	60637.2**	0.38**	93.08**	0.21**	0.06*
Error	خطای آزمایشی	18	4821.6	0.03	7.40	0.03	0.02
CV (%)	ضریب تغییرات		*13.18*	*24.87*	*13.18*	*18.16*	*20.93*
			قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest				
Replication	تکرار	2	3478.8^{ns}	0.15^{ns}	5.3^{ns}	0.00003^{ns}	0.035^{ns}
Genotypes	ژنوتیپ	9	68884.008**	0.54**	105.73**	0.22**	0.06^{ns}
Error	خطای آزمایشی	18	3245.7	0.03	4.98	0.02	0.04
CV (%)	ضریب تغییرات		*10.29*	*22.53*	*10.29*	*15.61*	*27.12*

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant and significant at the 1% and 5% levels, respectively

در خصوص شاخص پایداری عملکرد (YSI) مقدار عددی بالا نمایانگر ضعف و حساسیت ژنوتیپ در شرایط اعمال تنش است. ژنوتیپی که با مقدار عددی بالا توسط شاخص فوق شناسایی گردد پایین‌ترین مقدار تغییر یا کاهش عملکرد را نشان می‌دهد.

در آزمایش انجام‌گرفته، ژنوتیپ جولیوس ازلحاظ شاخص (YSI) نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردبررسی در تنش

گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی، در رتبه بالایی قرار دارد درصورتی‌که ژنوتیپ‌های مهتاب (۰/۵۳) و سولار (۰/۵۱) در تنش گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی ازنظر این شاخص، دارای پایین‌ترین میزان پایداری عملکرد یا به عبارتی بیش-ترین درصد کاهش عملکرد بودند که درواقع نشان‌دهنده حساسیت بالای ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش اعمال‌شده است (جدول ۶).

ژنوتیپی که بر اساس (YSI) به‌عنوان ژنوتیپ متحمل انتخاب می‌شود ثبات عملکرد بالاتری داشته و حداقل کاهش عملکرد را نشان می‌دهد (Yarnia et al., 2011).

با توجه به این‌که در مقاومت به تنش خشکی عوامل مختلفی دخالت دارند لذا قضاوت پیرامون این صفت و انتخاب بر اساس یک شاخص پیچیده با نتایج متناقضی همراه است بنابراین با استفاده از تجزیه همبستگی بین عملکرد روغن دانه در شرایط نرمال و تنش با شاخص‌های کمی می‌توان مناسب-ترین شاخص را انتخاب نمود. انتخاب بر اساس همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد روغن دانه می‌تواند به‌عنوان معیاری مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌ها باشد. نتایج حاصل از تجزیه همبستگی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی و عملکرد در شرایط تنش و نرمال در جدول (۷) نشان داده شده است و تمامی شاخص‌ها به‌جز شاخص YSI به عملکرد روغن دانه در شرایط تنش مرحله خورجین‌دهی تا برداشت (بالای قطر اصلی) در سطح احتمال یک و پنج درصد همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بدین‌جهت هر یک از شاخص‌های STI، MP، HM، GMP و YI می-توانند به‌عنوان یک معیار انتخاب جهت غربال نمودن ژنوتیپ-های متحمل به خشکی در هر دو شرایط تنش و نرمال عملکرد بالایی دارند پیشنهاد داده شوند. یافته‌های تحقیقاتی با نتایج عباسعلی و همکاران (Abbasali et al., 2017)، عبوده و همکاران (Aboodeh et al., 2019)، سلامتی و دنایی (Salamati and Dnaie, 2020) و زعفرانیه (Zaferaniyeh, 2015) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

جدول ۶. مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه ژنوتیپ‌های کلزا با شاخص تحمل و حساسیت به قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت

Table 6. Comparison the mean of seed oil yield of rapeseed genotypes with tolerance and susceptibility indices to stage stress interruption of irrigation in the beginning of flowering stage and interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest

	Genotype ژنوتیپ	YP عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش	YS عملکرد روغن دانه هر ژنوتیپ در شرایط تنش	MP میانگین بهره‌وری	HM میانگین هارمونیک
قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods	Long pod	810.24	520.17	665.20	614.97
	Aram	544.56	449.96	497.26	492.74
	RGS003	612.62	417.78	515.20	493.43
	Jankom	316.64	189.54	253.09	233.40
	Solar	824.31	424.44	624.38	560.28
	Hayola4815	968.51	662.34	815.42	786.08
	Mahtab	720.88	384.17	552.52	500.79
	Julius	436.91	442.77	439.84	439.36
	Agamax	655.51	411.85	553.68	500.86
	Sala	624.31	418.01	591.16	497.54
	LSD	*178.53*	*134.63*	*122.41*	*118.76*
قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	Long pod	810.24	505.20	657.7	619.08
	Aram	544.56	419.86	482.21	471.77
	RGS003	612.62	460.50	536.56	523.43
	Jankom	316.64	259.92	288.28	284.25
	Solar	824.31	521.24	672.77	638.03
	Hayola4815	968.51	782.99	875.75	862.02
	Mahtab	720.88	409.49	565.81	521.79
	Julius	436.91	459.88	448.39	442.73
	Agamax	655.51	453.86	554.69	534.26
	Sala	624.31	500.82	562.56	531.10
	LSD	*178.53*	*134.63*	*104.01*	*93.56*

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

	Genotype ژنوتیپ	GMP میانگین بهره‌وری هندسی	STI شاخص تحمل به تنش	SDI شاخص خسارت تنش	YI شاخص عملکرد	YSI شاخص پایداری عملکرد
قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods	Long pod	639.31	0.949	25.04	1.20	0.675
	Aram	495	0.581	19.39	1.04	0.826
	RGS003	504.15	0.604	19.75	0.96	0.700
	Jankom	242.96	0.139	9.51	0.43	0.620
	Solar	591.46	0.841	23.17	0.98	0.516
	Hayola4815	800.60	1.511	31.36	1.53	0.684
	Mahtab	526	0.657	20.60	0.88	0.534
	Julius	439.60	0.464	17.22	1.04	1.009
	Agamax	516.83	0.631	20.24	0.95	0.645
	Sala	509.12	0.637	19.94	0.96	0.677
	LSD	*119.11*	*0.299*	*4.66*	*0.311*	*0.247*
قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	Long pod	638.02	0.964	24.99	1.05	-
	Aram	476.94	0.536	18.68	0.87	-
	RGS003	529.93	0.667	20.76	0.96	-
	Jankom	286.26	0.193	11.21	0.54	-
	Solar	655.16	1.027	25.66	1.09	-
	Hayola4815	868.84	1.785	34.04	1.66	-
	Mahtab	543.03	0.705	21.27	0.85	-
	Julius	445.54	0.469	17.45	0.96	-
	Agamax	544.33	0.702	21.32	0.95	-
	Sala	546.48	0.703	21.41	1.04	-
	LSD	*97.72*	*0.299*	*3.829*	*0.267*	

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین عملکرد روغن دانه با شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در مرحله قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی (پایین قطر اصلی) و تنش قطع آبیاری مرحله خورجین‌دهی تا برداشت (بالای قطر اصلی)

Table 7. Correlation cofficients beween seed oil yield and tolerance and stress sensitivity indices in the stage of Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods (down main diameter) and Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest (above main diameter)

	YP	YS	MP	HM	YSI	GMP	STI	SDI	YI
عملکرد دانه در شرایط بدون تنش YP	1	0.65**	0.94**	0.90**	-0.55**	0.92**	0.88**	0.92**	0.65**
عملکرد روغن دانه در شرایط تنش YS	0.66**	1	0.87**	0.90**	0.22ns	0.89**	0.90**	0.89**	1.00**
میانگین بهره‌وری MP	0.94**	0.86**	1	0.99**	-0.26ns	0.99**	0.97**	0.98**	0.87**
میانگین هارمونیک HM	0.88**	0.93**	0.98**	1	-0.19ns	0.99**	0.98**	0.99**	0.90**
شاخص پایداری عملکرد YSI	-0.64*	0.32*	-0.17ns	-0.01ns	1	-0.22ns	-0.17ns	-0.22ns	0.22ns
میانگین بهره‌وری هندسی GMP	0.91**	0.90**	0.99**	0.99**	-0.09ns	1		1.00**	0.89**
شاخص تحمل تنش STI	0.90**	0.88**	0.97**	0.97**	-0.11ns	0.98**	1	0.98**	0.90**
شاخص خسارت تنش SDI	0.91**	0.90**	0.99**	0.99**	-0.09ns	1.00**	0.98**	1	0.89**
شاخص عملکرد YI	0.66**	1.00**	0.86**	0.93**	0.32*	0.90**	0.88**	0.90**	1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant and significant at the 1% and 5% levels, respectively

بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد بین عملکرد روغن دانه و محتوای روغن دانه (۰/۶۴۹**) همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت و این نشان می‌دهد که با افزایش محتوای روغن، عملکرد روغن دانه نیز افزایش می‌یابد (جدول ۸). وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد روغن دانه و محتوای پروتئین و نیتروژن دانه با توجه به افزایش پروتئین و نیتروژن در شرایط تنش، در پژوهش حاضر قابل توجیه است. در پژوهش نواب‌پور و همکاران (Nawabpour et al., 2017) میزان درصد روغن در شرایط کم تنش خشکی افزایش نشان داد درصورتی‌که در شرایط تنش شدید باعث کاهش میزان درصد روغن گردید. همچنین در پژوهش وی رابطه بین درصد روغن و پروتئین دانه منفی بود و ارقامی که درصد روغن بالایی داشتند مقدار درصد پروتئین آن‌ها پایین بود؛ بنابراین برای افزایش میزان روغن دانه در برنامه‌های اصلاحی بایستی میزان پروتئین کم و به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های با میزان روغن بالا، زودرسی در اولویت باشد. به‌طورمعمول تحت شرایط تنش خشکی شدید، میزان پروتئین دانه بیشتر شده درصورتی‌که محتوای روغن کاهش یافت که این موضوع در ژنوتیپ‌های مختلف با همدیگر متفاوت بود و می‌تواند در روند انتخاب در پروژه‌های اصلاحی موردتوجه واقع شود.

جدول ۸. همبستگی صفات موردبررسی در آزمایش موردمطالعه

Table 8. Correlation of the studied traits in the studied experiment

Traits	صفات	میزان روغن Oil Content	نیتروژن دانه Seed Nitrogen	عملکرد روغن دانه Seed Oil Yield	پروتئین دانه Seed Protein	عملکرد پروتئین Protein Yield
Oil Content	**میزان روغن**	1				
Seed Nitrogen	**نیتروژن دانه**	-0.212*	1			
Seed Oil Yield	**عملکرد روغن دانه**	0.649**	-0.285**	1		
Seed Protein	**پروتئین دانه**	-0.212*	1.000**	-0.295**	1	
Protein Yield	**عملکرد پروتئین**	0.143ns	0.591**	0.506**	0.591**	1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant and significant at the 1% and 5% levels, respectively

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در شرایط وقوع تنش خشکی، میزان نیتروژن دانه و پروتئین افزایش یافت درحالی‌که محتوای روغن دانه به‌صورت کاهشی مشاهده شد درواقع میزان نیتروژن، پروتئین و روغن دانه در شرایط تنش قطع آبیاری همبستگی منفی و معنی‌داری داشتند. با توجه به این‌که ژنوتیپ‌های متحمل‌تر عملکرد بهتری نشان داده و برای کشت در مناطق با مشکل کم‌آبی توصیه می‌گردند. به نظر می‌رسد ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ و لانگ‌پاد با دارا بودن میزان پروتئین دانه بالاتر و درصد روغن دانه و عملکرد روغن دانه بالاتر هم در شرایط تنش و همین‌طور شرایط نرمال و داشتن نیتروژن بالا نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، توانسته است عملکرد روغن دانه و عملکرد پروتئین دانه بالاتری نیز در این شرایط داشته باشد.

منابع

Abbasali, M., Gholipouri, A., Tobeh, A., Khoshkholgh Sima, N.A., Ghalebi, S., 2017. Identification of drought tolerant genotypes in the Sesame (*Sesamum indicum* L.) Collection of National Plant Gene Bank of Iran. Iranian Journal of Field Crop Science. 48, 275-289. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.214318.654179

Aboodeh, H., Moradi Telavat, M.R., Moshatati, A., Mousavi, S.H., 2019. Evaluation of spring safflower genotypes by using tolerance and

sensitivity indices to terminal heat stress. Environmental Stresses in Crop Sciences.12, 616-607. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1358.1297

Aboodeh, H., Moradi Telavat, M.R., Moshattati, A., Mousavi, S. H., 2020. The response of morphology, yield and yield components of spring safflower genotypes to different Sowing dates. Journal of Crop Production and Processing. 9, 215-227. [In Persian]. https://doi.org/10.47176/jcpp.9.4.22255

Aktas, H., 2016. Drought tolerance indices of selected landraces and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes derived from synthetic wheats. Applied Ecology and Environmental Research. 14, 177-189. https://doi.org/10.15666/aeer/1404_177189

AL-Barrak, K. M., 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of King Faisal University. 7, 87-103.

Aminifar, J., Biglouei, M. H., Mohsenabadi, Gh. R., Samiezadeh, H., 2012. Effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative yield of soybean cultivars in Rasht region. Electronic Journal of Crop Production. 5, 93-109. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1391.5.2.6.7.

Ashraf, M., Ali, Q., 2008. Relative membrane permeability and activities ofsome antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany. 63 (1-3), 266-273. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.11.008

Bouslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24, 933-937. https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x

Fernandez, G. C. J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (eds.), Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC. Shanhua. Taiwan.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science. 77, 523–531.

Gholinezhad, E., 2017. Effect of two species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 15, 150-167. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/GSC.V15l1.49403

Godarzi, A., Bazrafshan, F., Zare, M., Faraji, H., Safahani Langeroodi, A. R., 2017. Studying the effect of drought stress on yield and physiological characteristics in genotypes of canola (*Brassica napus* L.). Helix Scientific Explorer, 8, 1250-1258.

Haghshenas, R., Sharafi, S., Gholinezhad, E., 2020. Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 30, 92-109. [In Persian] https://doi.org/20.1001.1.24764310.1399.30.2.6.9

Hamzei, J., Nejafi, H., Babaei, M., 2017. Effect of irrigation and nitrogen on agronomic parameters, yield, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 14, 686-698. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/GSC.V14l4.43336.

Hu, Q., Wei, H., Yin, Y., Zhang, X., Liu, L., Shi, J., Zhao, Y., Qin, L., Chen, C., Hanzhong, W., 2016. Rapeseed research and production in China. The Crop Journal. 5, 127-135. https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.005

Khalili, M., Hamze, H., 2019. Effect of Super-Adsorbent and Irrigation Levels on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris*). Journal of Crop Ecophysiology. 3, 395-412. https://doi.org/10.30495/JCEP.2019.669706

Khazaei, A., Saburi, A., Shebar, Z., Shahbazi, M., 2016. Evaluation of grain yield of cultivars and promising lines of grain sorghu (*Sorghum bicolor* L. Moench) using of drought tolerance indices. Journal of Crop Seedlings and Seeds. 32, 99-118. [In Persian].

Mirzakhani, M., 2018. Study of drought stress susceptibility indices of forage maize cultivars under water limited conditions and salicylic

acid application. Environmental stress in Crop Scientiae. 11, 907-916. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1082.1215

Mohseni, M., Mortazavian, S. M. M., Ramshini, H. A., Foghi, B., 2015.Evaluation of drought tolerance in some wheat genotypes based on selection indices. Iranian Journal of Field Crops Reserch.13, 524-542. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/gsc.v13i3.26610

Naeemi, M., Akbari, Gh.A., Shirani Rad, A.H., Modares Sanavi, S.A.M., Sadat Nuri, S.A., Jabari. H., 2008. Evaluation of drought tolerance in different canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. Electronic Journal of Crop Production. 1, 83-98. [In Persian]

Nasiri, A., Samdaliri, M., Rad, A. S., Shahsavari, N., Kale, A. M., Jabbari, H., 2017. Effect of plant density on yield and physiological characteristics of six canola cultivars. Journal of Scientific Agriculture, 1, 249-253.

Nawabpour, S., Hezarjaribi, A., Mazandarani, A., 2017. The effect of drought stress on important agronomice and protein traits and oil content in soybean (*Glycin max* L.) genotypes. Environmental stress in Crop Scientiae. 10, 491-503. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2017.61.1021

Nielsen, D. C., 1997. Water use and yield of canola under dry land conditions in the centeral Great Plains. Agriculture. 10, 307-313. https://doi.org/10.2134/jpa1997.0307

Okuley, J., Lightner, J., Feldmann, K., Yadev, N., Lark, E., Browse. J., 1992. Arabidopsis FAD2 gene encodes the enzyme that is essential for polyunsaturated lipid synthesis plant cell. 6, 147-158. https://doi.org/10.1105/tpc.6.1.147

Ozkan, A., M, Kulak., 2013. Effects of water stress on growth, oil yield, fatty acid composition and mineral content of Sesamum indicum. Journal of Animal and Plant Sciences. 23, 1686-90.

Pourdehghan M, Modarres-Sanavi S A M, Ghanati F, Karami S. Effects of Hexaconazole on Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Soybean Cultivars under Water Deficit Stress Conditions. Journal of Crop Production and Processing 2015; 5 (16) :109-121. [In Persian] http://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.16.109

Rajab Nasab Aghamahali, M., Karapetian, Zh., 2013. The water stress at flowering stage on plant height and seed protein of different safflower cultivars. Iranian Ecophysiology Research, 8, 37-46. [In Persian]

Rosielle, A. A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21, 943-946. https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x

Rouhi, M., Banayan Aval, M., Shirani Rad, A. H., 2020. Qualitative Changes and Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars in Drought Stress in Late Season. Journal of Crop Ecophysiology. 4, 13-26. [In Persian] https://doi.org/10.30495/jcep.2020.671170

Salamati, N., Danaie, A. KH., 2020. Investigation of Drought Satress Indices in Sesame Surface Water Deficit. Iranian Soil and Water Research. 51, 949-959. [In Persian] https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.289522.668324

Samsami, N., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A., Gholinezhad, E., 2019. Effect of mycorrhizal fungi and rhizobium bacterial on qualitative and quantitative traits of soybean in response to drought stress. Journal of Crops Improvement. 21, 13-26. [In Persian] https://doi.org/10.22059/jci.2019.262185.2066

Shiranirad, A.H., Abbasian, A., 2015. Evaluation of Drought Tolerance in Rapeseed Genotypes under Non Stress and Drought Stress Conditions. Notulae Botanici Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 39, 164-171.

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K.,Mohamadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research. 98, 222- 229. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.02.001

Starner, D. E., Hamama, A. A., Bhardwaj. H. L., 2002. Prospects of canola as an alternative winter crop in Virginia. In: Janick, J., Whipkey, A., (eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press. Alexandria. VA. 127-130.

Wang, X., Cai, X., Xu, C., Wang, Q., Dai, S., 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. International Journal of Molecular Sciences. 17, 1-30. https://doi.org/10.3390/ijms17101706

Yarnia, M., Arabifard, N., Rahmizadeh Khoei, Zandi, P., 2011. Evaluation of drought

tolerance indices among some winter rapeseed cultivar. African Journal of Biotechnology. 10, 10914-10922. http://doi.org/10.5897/AJB11.1748

Zaferaniyeh, M., 2015. Evaluation of tolerance indices and drought stress susceptibility in canola cultivars. International Conference on Applied Research in Agriculture. 11 pages. [In Persian]

Zavareh, M., Emam, E., 2008. An identification guide for rapeseed (*Brassica napus* L.) developmental stages. Iranian Journal of Crop Science. 1, 1-14. [In Persian].

.